

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-141298

(P2002-141298A)

(43) 公開日 平成14年5月17日 (2002.5.17)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 21/265	6 0 2	H 0 1 L 21/265	6 0 2 B 5 F 0 4 0
	6 0 4		6 0 4 Z
21/26		21/26	J
29/78		29/78	3 0 1 P
21/336			3 0 1 S

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-335697(P2000-335697)

(22) 出願日 平成12年11月2日 (2000.11.2)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 坪 晴子

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 村越 篤

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100097629

弁理士 竹村 壽

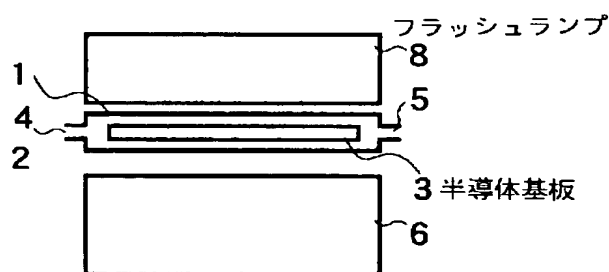
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 局所的に必要な以上にエネルギーが供給されることなく結晶構造を乱す効果を低減させながら半導体基板に不純物拡散領域を形成すると共に、半導体基板に注入して機能領域として用いられる新規な不純物を提供する。

【解決手段】 チャンバー1、2内部に挿入された不純物注入後の半導体基板3にフラッシュランプ8を用いてインコヒーレントな光を短時間照射することにより不純物の活性化を行う。In等のSiに比較して原子半径の大きい元素を半導体基板中の不純物拡散領域を形成する不純物とすることができる。このようなインコヒーレントな光を短時間照射するランプには、フラッシュランプを用いる。フラッシュランプにはXeランプを初め、希ガスランプ、水銀ランプ、水素ランプなどがある。インコヒーレントな光を用いるので多光子過程や干渉などのエネルギーの過度な強め合いがなくなる。



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板に不純物を注入する工程と、前記半導体基板に主たる波長の広がりがあるインコヒーレントな光を 1 秒以下照射して前記注入された不純物を活性化させ、この不純物で構成される不純物拡散領域を形成する工程とを備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記光の光源は、フラッシュランプであることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記半導体基板は、前記インコヒーレントな光を照射する前に 650℃以下で予備加熱しておくことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 前記インコヒーレントな光を照射する工程は、アルゴン、窒素、酸素の内いずれかの雰囲気で行うことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 前記インコヒーレントな光を照射する工程は、1 Pa 以下の減圧状態で行うことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 前記インコヒーレントな光を照射する工程において、前記光源と前記半導体基板との間に光学的フィルタを配置することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記インコヒーレントな光を照射する工程において、前記光源と前記半導体基板との間に光学的開口部を持つマスクを配置することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 p 型半導体基板上にゲート絶縁膜及びこの絶縁膜上にゲート電極を形成する工程と、前記半導体基板の表面領域に n 型ソース領域、n 型ドレイン領域及びこれら領域の互いに対向する先端部に接している n 型エクステンション領域を形成する工程と、前記半導体基板に、前記ゲート絶縁膜の直下にこのゲート絶縁膜とは離隔してこれより深い位置にあり、前記エクステンション領域間及び前記ソース／ドレイン領域間に配置され、且つ前記半導体基板より不純物濃度の高い p 型不純物拡散領域を形成する工程とを備え、前記 p 型不純物拡散領域は、前記半導体基板にインジウムを注入する工程と、前記半導体基板に主たる波長の広がりがあるインコヒーレントな光を 1 秒以下照射して前記注入されたインジウムを活性化させ、このインジウムで構成される不純物拡散領域を形成する工程とにより得られることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 p 型半導体基板上にゲート絶縁膜及びこの絶縁膜上にゲート電極を形成する工程と、

## 2

前記半導体基板の表面領域に n 型ソース領域、n 型ドレイン領域及びこれら領域の互いに対向する先端部に接している n 型エクステンション領域を形成する工程と、前記半導体基板に、前記エクステンション領域の下に配置され、前記エクステンション領域及び前記ソース領域間、前記エクステンション領域及び前記ドレイン領域間に接し、且つ前記半導体基板より不純物濃度の高い p 型不純物拡散領域を形成する工程とを備え、

前記 p 型不純物拡散領域は、前記半導体基板にインジウムを注入する工程と、前記半導体基板に主たる波長の広がりがあるインコヒーレントな光を 1 秒以下照射して前記注入されたインジウムを活性化させて、このインジウムで構成される不純物拡散領域を形成する工程とにより得られることを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造方法に関し、とくに半導体基板に不純物を注入後にインコヒーレントな光を短時間照射して注入された不純物を活性化する半導体装置の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、コンピュータや通信機器の重要部分には、多数のトランジスタや抵抗等を電気回路を構成するように結び付けて 1 チップ状に集積化した大規模集積回路 (LSI) が多用されている。このため、機器全体の性能は、半導体装置である LSI 単体の性能と大きく結び付いている。LSI 単体の性能向上は、集積度を高めること、つまり半導体装置を構成する素子の微細化により実現できる。素子の微細化は、例えば、ソース／ドレイン領域などの不純物拡散領域やゲート絶縁膜直下のチャネル領域などの機能領域を形成する際のイオン注入及びその後の熱処理 (アニール) を最適化することにより可能となる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】前述したイオン注入後の熱処理 (アニール) というのは、一般に活性化と呼ばれ、半導体基板中に導入された不純物を電氣的にキャリアが発生する位置もしくは置換位置に配列するために行われる。この熱処理 (アニール) というのが、以前は 1000℃、30 分等の条件で行われていた。このようなアニールでは、不純物の活性化と同時に不純物拡散も起こっていた。そこで、不純物の活性化は行われるものの拡散ができるだけ起こらないように最小限の時間だけ熱処理する、1000℃、10 秒程度の条件によるラピットサーマルアニール (RTA) の導入がなされたが、近年この短時間のアニールでも尚アニール後に不純物の拡散が起り、所望の不純物のプロファイルを得ることができなくなってきた。そこで、活性化に必要なエネルギーを瞬時に供給する方法としてレーザアニールが検

## 3

討されているが、レーザはもともと指向性の良い光なので、多光子過程が起こったり、干渉が起こったり、もとの光も単位時間、単位体積当たりのエネルギー密度が高くなり過ぎて、シリコン半導体基板の表面を溶かしたり、蒸発、レーザアブレーションとも言える状況を引き起こしてしまうため、活性化後の半導体基板の表面のモフォロジーが劣化したりすることが指摘されている。

【0004】また、シリコン半導体基板に導入する不純物もB、P、As等だけではなく、質量数が高く同じ加速エネルギーによるイオン注入でもよりシャープな分布を持たせることができるSb、In、Gaなどの検討がされている。しかし、これらの物質はシリコンに比べ原子半径が大きく、シリコンの置換位置に入ることによって大きくシリコン結晶をゆがめてしまう。また、とくにこのInなどは固溶限も低いために、なかなか発生しないという問題がある。本発明は、このような事情によりなされたものであり、局所的に必要以上にエネルギーが供給されることなく結晶構造を乱す効果を低減させながら半導体基板に不純物拡散領域を形成すると共に、半導体基板に注入して機能領域として用いられることが可能な新規な不純物を提供する。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、不純物注入後の半導体基板にインコヒーレントな光を短時間照射することにより不純物の活性化を行うことを特徴とする。また、インジウム(In)などシリコンに比較して原子半径の大きい元素を半導体基板中の不純物拡散領域を形成する不純物とすることに特徴がある。従来ラピッドサーマルアニール(RTA)で活性化のために少なくとも数秒、650℃を越える高温になっていた時間を、光のパルスという方法を用いることにより、非常に短時間にするため、余分なエネルギーの注入が低減される。このため、不純物の活性化は起こっても不純物が拡散する時間が少なく、従来よりも活性化後の不純物の分布が活性化前の分布に近いものになる。このようなインコヒーレントな光を短時間照射するランプには、フラッシュランプを用いる。フラッシュランプにはXeランプを初め、希ガスランプ、水銀ランプ、水素ランプなどがある。

【0006】また、従来短い時間でアニールする方法では、パルスレーザが用いられていたが、レーザはコヒーレンシーが良く、尖頭値が高いことから、単位時間単位空間密度あたりのエネルギーが高くなり、半導体基板の蒸発や溶解を引き起こしていたが、本発明ではインコヒーレントな光を用いるので多光子過程や干渉などのエネルギーの過度な強め合いがなくなり、局所的に必要な以上にエネルギーが供給されることがなくなって、溶解などの半導体基板の結晶構造を乱す効果を低減できる。本発明の半導体装置の製造方法は、半導体基板に不純物を注入する工程と、前記半導体基板に主たる波長の広がり

## 4

照射して前記注入された不純物を活性化させ、この不純物で構成される不純物拡散領域を形成する工程とを備えたことを特徴としている。前記光の光源は、フラッシュランプであるようにしても良い。

【0007】前記半導体基板は、前記インコヒーレントな光を照射する前に650℃以下、好ましくは600℃以下で予備加熱しておくようにしても良い。このように、半導体基板が固相成長をほとんど始めない条件で熱エネルギーを供給することによって、光のエネルギーだけでは運動量がほとんど注入されないため、活性化が運動量の変化も伴う場合、光だけで活性化を行おうとすると光の照射でエネルギーで状態の変わった電子が緩和する過程で放出する熱と照射した光を足し合わせることで活性化が起こる。そこでこれをより円滑に行うために、予め予備加熱をして熱を与えておくことでより短時間の活性化処理を行うことが可能になる。前記インコヒーレントな光を照射する工程は、アルゴン、窒素、酸素のいずれかの雰囲気中で行うようにしても良い。活性化の間半導体基板をAr雰囲気にしておくことにより、半導体基板表面に窒素や酸素が存在することで活性化が阻害されたりするのを低減し、高い活性化率が実現できる。また、活性化の間半導体基板を窒素雰囲気にしておくことにより、活性化中の酸化が防がれる。また、活性化の間半導体基板を酸素雰囲気にしておくことにより、半導体基板表面にホウ素などが強く引き寄せられ、半導体基板おくまで拡散することが防がれる。

【0008】前記インコヒーレントな光を照射する工程は、1Pa以下の減圧状態で行うようにしても良い。また、前記インコヒーレントな光を照射する工程において、前記光源と前記半導体基板との間に光学的フィルタを配置するようにしても良い。これを配置することにより活性化に効率よく用いられている波長帯を優先的に用いることによって、半導体基板に照射するエネルギーを低減し、結果的に基板全体が準熱平衡状態で到達する温度を低減することが可能になるので、より不純物の再分布化を防ぐことが可能になる。また、前記インコヒーレントな光を照射する工程において、前記光源と前記半導体基板との間に光学的開口部を持つマスクを配置するようにしても良い。これを配置することにより、図9に示す様な半導体基板中の限られた領域のみを活性化することが可能になり、かつ、光によって注入されるエネルギーを適当に保つことで準熱平衡状態での半導体基板全体の温度を650℃以下、好ましくは600℃以下に保つことが可能になって半導体基板上の一部分を選択的に活性化したりしなかったりすることが可能になる。これにより、プロセスの大幅な低減が可能になる。

【0009】本発明の半導体装置の製造方法は、p型半導体基板上にゲート絶縁膜及びこの絶縁膜上にゲート電極を形成する工程と、前記半導体基板の表面領域にn型ソース領域、n型ドレイン領域及びこれら領域の互いに

5

対向する先端部に接しているn型エクステンション領域を形成する工程と、前記半導体基板に、前記ゲート絶縁膜の直下にこのゲート絶縁膜とは離隔してこれより深い位置にあり、前記エクステンション領域間及び前記ソース／ドレイン領域間に配置され、且つ前記半導体基板より不純物濃度の高いp型不純物拡散領域を形成する工程とを備え、前記p型不純物拡散領域は前記半導体基板にインジウムを注入する工程と、前記半導体基板に主たる波長の広がりがある1 $\mu$ m以下であるインコヒーレントな光を1秒以下、好ましくは0.1秒以下、さらに好ましくは0.01秒以下、照射して前記注入されたインジウムを活性化させこのインジウムで構成される不純物拡散領域を形成する工程とにより得られることを特徴としている。照射時間が短い程半導体基板の結晶を痛めず、拡散を抑止することが良好になる。

【0010】また、本発明の半導体装置の製造方法は、p型半導体基板上にゲート絶縁膜及びこの絶縁膜上にゲート電極を形成する工程と、前記半導体基板の表面領域にn型ソース領域、n型ドレイン領域及びこれら領域の互いに対向する先端部に接しているn型エクステンション領域を形成する工程と、前記半導体基板に、前記エクステンション領域の下に配置され、前記エクステンション領域及び前記ソース領域間、前記エクステンション領域及び前記ドレイン領域間に接し、且つ前記半導体基板より不純物濃度の高いp型不純物拡散領域を形成する工程とを備え、前記p型不純物拡散領域は前記半導体基板にインジウムを注入する工程と、前記半導体基板に主たる波長の広がりがある1 $\mu$ m以下であるインコヒーレントな光を1秒以下照射して前記注入されたインジウムを活性化させてこのインジウムで構成される不純物拡散領域を形成する工程とにより得られることを特徴としている。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して発明の実施の形態を説明する。まず、図1及び図2を参照して第1の実施例を説明する。図1は、本発明を実施する熱処理装置の概略断面図、図2は、基板に注入されたインジウム(In)を活性化する従来及び本発明の方法による活性化率を示す特性図である。図1に示すように、熱処理装置は、OH基の濃度が低い石英ガラスからなる上部1及び下部2からなるチャンバーを有している。チャンバー内部には所定の領域にイオン注入されたインジウム不純物を有する基板3が搭載されている。チャンバーの下側には基板予備加熱用ランプハウス6であり、ハロゲンランプが配置されている。チャンバー上部にはXeランプなどのフラッシュランプハウス8が配置されている。図1に示すように、チャンバー内部に搭載され、Inイオンが注入された半導体基板3の上側、下側をAr雰囲気につべく、Arガスをガス導入口4から導入し、ガス排気口5からこのガスを排出させる。そして、チャンバー中の半導体基板3の裏面からハロゲンランプからな

6

るランプハウス6で400℃の予備加熱をしておく。この状態を維持しながらXeランプなどの1 $\mu$ m以下の主たる波長の広がりを持つフラッシュランプを照射エネルギー20J/cm<sup>2</sup>、照射時間2.3msecの条件で半導体基板3を照射し、インジウム(In)不純物を活性化させる。

【0012】この活性化処理によって、図2に示すように、従来の方法に比べ高い活性化率を得ることが可能になる。図2は、従来及び本発明(第1の実施例)による半導体基板に注入されたインジウム不純物の活性化方法によるインジウムの活性化率を示す特性図であり、縦軸に活性化率(%)が示されている。従来例として、900℃、30分及び1000℃、30分の条件で行うアニール処理、900℃、10秒及び1000℃、10秒30分の条件で行うRTAアニール処理を比較すると、これら従来の方法では活性化率が20%前後であり、十分な活性化が得られないが、本発明ではインジウム(In)の活性化率は、80%に近くの高い値が得られる。この様に、この実施例では、従来RTA法で活性化のために少なくとも数秒、650℃を越える高温になっていた時間を、光のパルスを照射するという方法を用いることにより、非常に短時間に処理が完了するので余分なエネルギーの注入が低減され、その結果不純物の活性化は起こっても不純物が拡散する時間が少なく、従来よりも活性化後の不純物の分布が活性化前の分布に近いものになる。また、半導体基板に注入された不純物の活性化率が著しく高くなるので、従来は用いることができなかった不純物でも十分実用化されるので、使用する不純物の選択幅が広がった。

【0013】次に、図3を参照して第2の実施例を説明する。図3は、シリコン半導体層が形成されたSOI(Silicon On Insulator)などに用いられる半導体基板の断面図である。シリコン半導体基板11の上にはシリコン酸化膜などの絶縁膜10が形成され、その上にシリコン単結晶の半導体層9が形成されている。第1の実施例において、インジウムが注入された半導体基板11を予備加熱をしないでフラッシュランプにより照射すると、SOIの様に絶縁膜10上に1 $\mu$ m以下の薄い半導体層9がある場合、波長が1 $\mu$ m程度の時には、フラッシュランプから供給されたエネルギーのうちの大部分がこの半導体層9の領域で吸収される。第2の実施例では、絶縁膜10は、半導体基板に比べて断熱効果があるため、フラッシュランプの光から供給されたエネルギーは、半導体層9の領域に主にとどまり、効率良く活性化に寄与できるため、予備加熱をなくして少ないエネルギーで効率良く活性化することが可能になる。

【0014】次に、図8を参照して第3の実施例を説明する。図8は、本発明を実施する熱処理装置の概略断面図である。この実施例は、フラッシュランプと半導体基板の間に光学フィルターを1枚以上挿入することに特徴

7

があり、この熱処理装置を使用して第1の実施例と同じ様に半導体基板に注入されたインジウムの活性化処理を行う。図8に示すように、熱処理装置は、OH基の濃度が低い石英ガラスからなる上部及び下部を有するチャンパー27を備えている。チャンパー27内部には所定の領域にイオン注入されたインジウム不純物を有する半導体基板26が搭載されている。チャンパー27の下側にはハロゲンランプを用いた基板予備加熱用ランプハウス45が配置されている。チャンパー上部にはXeランプなどのフラッシュランプ35が配置されている。チャンパー内部の半導体基板26の上側、下側をAr雰囲気につくべく、Arガスをガス導入口から導入し、ガス排気口からこのガスを排出させる。そして、チャンパー27中の半導体基板26の裏面からハロゲンランプからなるランプハウス45で400℃の予備加熱をしておく。この状態を維持しながらXeランプなどの1μm以下の主たる波長の広がりを持つフラッシュランプ35を照射エネルギー20J/cm<sup>2</sup>、照射時間23msecの条件で半導体基板26を照射し、In不純物を活性化させる。このとき、フラッシュランプ35と半導体基板26の間に光学フィルター28を1枚以上挿入する。活性化に効率よくエネルギーを供給する波長を選択的に供給することができるので、余分なエネルギーの照射を押さえ、余剰に供給されたエネルギーが熱に変わり、不純物を拡散させることを抑制する。

【0015】次に、第4の実施例を説明する。この実施例では図1に示す熱処理装置を参照する。熱処理装置は、チャンパーを有し、チャンパー内部には所定の領域にイオン注入されたインジウム不純物を有する半導体基板3が搭載されている。チャンパーの下側には基板予備加熱用ランプハウスであり、ハロゲンランプ6が配置されている。チャンパー上部にはXeランプなどのフラッシュランプ8が配置されている。そして、チャンパー内部に搭載され、Inイオンが注入された半導体基板3の上側、下側をN<sub>2</sub>雰囲気に保つべく、N<sub>2</sub>ガスをガス導入口4から導入し、ガス排気口5からこのガスを排出させる。そして、チャンパー中の半導体基板3の裏面からハロゲンランプからなるランプハウス6で400℃の予備加熱をしておく。この状態を維持しながらXeランプなどの1μm以下の主たる波長の広がりを持つフラッシュランプ8を照射エネルギー20J/cm<sup>2</sup>、照射時間23msecの条件で半導体基板3を照射し、In不純物を活性化させる(図1参照)。この活性化処理によって、従来の方法に比べ高い活性化率を得ることが可能になる。また、活性化処理の間半導体基板を窒素雰囲気にしておくので活性化中の酸化を防止することができる。

【0016】次に、第5の実施例を説明する。この実施例では図1に示す熱処理装置を参照する。熱処理装置は、チャンパーを有し、チャンパー内部には所定の領域にイオン注入されたインジウム不純物を有する半導体基

8

板3が搭載されている。チャンパーの下側には基板予備加熱用ランプハウスであり、ハロゲンランプ6が配置されている。チャンパー上部にはXeランプなどのフラッシュランプ8が配置されている。そして、チャンパー内部に搭載され、Inイオンが注入された半導体基板3の上側、下側をO<sub>2</sub>雰囲気に保つべく、O<sub>2</sub>ガスをガス導入口4から導入し、ガス排気口5からこのガスを排出させる。そして、チャンパー中の半導体基板3の裏面からハロゲンランプからなるランプハウス6で400℃の予備加熱をしておく。この状態を維持しながらXeランプなどの1μm以下の主たる波長の広がりを持つフラッシュランプ8を照射エネルギー20J/cm<sup>2</sup>、照射時間23msecの条件で半導体基板3を照射し、In不純物を活性化させる(図1参照)。この活性化処理によって、従来の方法に比べ高い活性化率を得ることが可能になる。また、活性化処理の間半導体基板を酸素雰囲気にしておくので、半導体基板表面にホウ素などが強く引き寄せられるので半導体基板の深くまで拡散することが防止される。

【0017】次に、第6の実施例を説明する。この実施例では図1に示す熱処理装置を参照する。熱処理装置は、チャンパーを有し、チャンパー内部には所定の領域にイオン注入されたインジウム不純物を有する半導体基板3が搭載されている。チャンパーの下側には基板予備加熱用ランプハウスであり、ハロゲンランプ6が配置されている。チャンパー上部にはXeランプなどのフラッシュランプ8が配置されている。そして、チャンパー内部に搭載され、Inイオンが注入された半導体基板3の上側、下側をAr雰囲気に保つべく、Arガスをガス導入口4から導入し、ガス排気口5からこのガスを排出させる。また、チャンパー内部は、1Pa以下に減圧にしている。そして、チャンパー中の半導体基板3の裏面からハロゲンランプからなるランプハウス6で400℃の予備加熱をしておく。この状態を維持しながらXeランプなどの1μm以下の主たる波長の広がりを持つフラッシュランプ8を照射エネルギー20J/cm<sup>2</sup>、照射時間23msecの条件で半導体基板3を照射し、In不純物を活性化させる(図1参照)。この活性化処理によって、従来の方法に比べ高い活性化率を得ることが可能になる。また、チャンパー内を1Pa以下の減圧にして活性化処理を行うので、必要なエネルギーを光で効率よく供給することができ、余剰のエネルギーの半導体基板への流入を抑えることが可能になる。また、半導体基板の温度上昇や降温に時間がかかることを抑止することができる。

【0018】次に、図4及び図5を参照して第7の実施例を説明する。図4は、イオン注入装置とこの装置内にフラッシュランプの光を導入するシステムを説明する半導体製造装置の概略模式図、図5は、イオン注入装置と本発明の方法を実施する熱処理装置とを密閉状態で接続

9

する半導体製造装置の概略模式図である。この実施例は、第6の実施例をシステムの的に説明するものであり、熱処理装置内の詳細な説明は既に行ったので省略する。図4において、イオン注入装置のチャンパー13は、半導体基板を搭載するイオン注入装置と、可動光学的反射板14を備えている。チャンパー13の側壁には石英ガラス窓16が設けられている。チャンパー13の外部に設置されたフラッシュランプ導入ロッド15から導入され、フラッシュランプより発生したインコヒーレントな光が石英ガラス窓16からチャンパー13の内部に導入されて可動光学的反射板14で反射してシリコンなどの半導体基板12表面に照射されるように構成されている。また、図5において、不純物が注入された半導体基板を加熱し、且つこの不純物をフラッシュランプにより活性化する熱処理装置17は、真空搬送チャンパー19に密閉状態で接続されている。また、この真空搬送チャンパー19は、イオン注入チャンパー18に密閉状態で接続されている。

【0019】この実施例では、図4に示すように、チャンパー13内で半導体基板12にインジウムなどの不純物を注入後、同じチャンパー13内でフラッシュランプから発生したインコヒーレントな光を外部から導入して半導体基板12に注入された不純物の活性化を行う。もしくは、図5に示すように、イオン注入チャンパー18においてイオン注入後、大気圧にさらすことなく、半導体基板を真空搬送チャンパー19を用いて移動させ、熱処理装置17においてフラッシュランプの光で不純物を活性化させる。このように密閉状態で工程及び工程間の移動を行うため、大気に触れるために起こる基板表面の汚染が軽減されたり、イオン注入のための真空引きと、真空中でのフラッシュアニールのための真空引きを2回ではなく、1回で済ますことが可能になり、プロセス時間が短縮できる。

【0020】次に、図6及び図7、図9を参照して第8の実施例を説明する。図6は、本発明を実施する熱処理装置の概略断面図、図7は、部分的遮光板が近接して配置された半導体基板の平面図、図9は、部分的遮光板により部分的に活性化された領域を有する半導体基板の斜視図である。この実施例は、フラッシュランプと半導体基板の間に光学的な開口部を挿入することに特徴があり、この熱処理装置を使用して第1の実施例と同じ様に半導体基板に注入されたインジウムの活性化処理を行う。図6に示すように、熱処理装置は、OH基の濃度が低い石英ガラスからなる上部及び下部を有するチャンパー21を備えている。チャンパー21の内部には所定の領域にイオン注入されたインジウム不純物を有する半導体基板20が搭載されている。チャンパー21の下側にはハロゲンランプを用いる基板予備加熱用ランプハウス45が配置されている。チャンパー上部にはXeランプなどのフラッシュランプ34が配置されている。チャン

10

パー内部の半導体基板21の上側、下側をAr雰囲気を保つべく、Arガスをガス導入口から導入し、ガス排気口からこのガスを排出させる。そして、チャンパー21内部の半導体基板21の裏面からハロゲンランプからなるランプハウス45で400℃の予備加熱をしておく。この状態を維持しながらXeランプなどの1μm以下の主たる波長の広がりを持つフラッシュランプ34を照射エネルギー20J/cm<sup>2</sup>、照射時間23msecの条件で半導体基板21を照射し、インジウム不純物を活性化させる。

【0021】図7に示すように、半導体基板20とフラッシュランプ34との間に光学的な開口部（透過領域）25及び遮光領域24を持ち、フラッシュランプの光を一部分だけ透過させて、光が照射された部分のみ活性化を行う部分的遮光板22を挿入する。半導体基板中の限られた領域のみを活性化することが可能になり、且つ光によって注入されるエネルギーを適当に保つことにより準熱平衡状態での半導体基板全体の温度を650℃以下に保つことが可能になり、半導体基板上の一部分を選択的に活性化したり或いはしなかったりすることが可能になる。このことによりプロセスの大幅な低減が可能になる。例えば、図9は、活性化処理を行った半導体基板である。部分的遮光板の透過領域（開口部）33に当たる領域31は、活性化され、遮光領域32に当たる領域は、非活性化領域30として存在している。

【0022】次に、図10を参照して第9の実施例を説明する。図10は、本発明の活性化処理を実施する熱処理装置の概略断面図である。図10に示すように、熱処理装置は、OH基の濃度が低い石英ガラスからなる上部36及び下部37から構成されたチャンパーを有している。チャンパー内部には所定の領域にイオン注入されたインジウム不純物を有する基板38が搭載されている。チャンパーの下側には基板予備加熱用ランプハウス41であり、ハロゲンランプが配置されている。チャンパー上部には石英ロッド42を介してXeランプなどのフラッシュランプハウス43が配置されている。チャンパー内部に搭載され、Inイオンが注入された半導体基板38の上側、下側をAr雰囲気を保つべく、Arガスをガス導入口39から導入し、ガス排気口40からこのガスを排出させる。そして、チャンパー中の半導体基板38の裏面からハロゲンランプからなるランプハウス41で400℃の予備加熱をしておく。この状態を維持しながらXeランプなどの1μm以下の主たる波長の広がりを持つフラッシュランプの光を照射エネルギー20J/cm<sup>2</sup>、照射時間2.3msecの条件で半導体基板38に照射し、インジウム（In）不純物を活性化させる。この活性化処理によって、従来の方法に比べ高い活性化率を得ることが可能になる。この実施例では石英ロッドを用いているが、石英ロッドは、フラッシュランプの光をガイドするものであり、これを用いると面内均一性の優

11

れた半導体基板が得られる。

【0023】次に、図11及び図12を参照して第10の実施例を説明する。図11及び図12は、MOSトランジスタが形成された半導体基板の断面図である。シリコンなどからなるp-半導体基板50の表面領域にn+ソース/ドレイン領域51が形成されている。ソース/ドレイン領域の互いに対向する先端部分にはエクステンション(extension)領域52が形成されており、2つのエクステンション領域52間の最表面領域は、nチャネル領域54である。ソース/ドレイン領域51間の上にゲート絶縁膜56を介してゲート電極58が形成されている。ゲート電極58は、窒化シリコン膜などの側壁絶縁膜57により被覆されている。最表面領域のチャネル領域54の直下は、基板より濃度の高いp不純物拡散領域53が形成されている(図11(a)参照)。ソース/ドレイン領域51に沿ってエクステンション領域52の直下には基板より濃度の高いpハロドーピング(halo doping)領域55が形成されている(図11(b))。これらp不純物拡散領域53及びハロドーピング領域55にはインジウム(In)が不純物として用いられている。

【0024】従来インジウムは、濃度が上げられないので半導体基板に注入される不純物としては用いられていなかった。しかし、インジウムは、重いのでアズインプラのプロファイルが急峻になり、熱処理工程での拡散を抑え、高濃度活性化ができれば小さなデバイスに適した不純物ドーパントになり得る。本発明は、このような可能性を実現させたものである。インジウムは、ボロンより急峻なプロファイルを実現させることができる。しかし、従来の熱による活性化では余り高い活性化率は得られない。そこで、本発明を用いることにより十分な活性化率と、急峻なプロファイルを得ることが可能になる。例えば、チャネル領域54の最表層から数nmのところから急峻に立ち上がるような不純物分布を有するp不純物拡散領域53を形成することが可能になり、トランジスタ特性が向上する(図11(a)参照)。また、図11(b)に示すハロドーピング領域55は、不純物分布のプロセスウインドウが狭いことが知られている。そこで、本発明のように、インジウムをフラッシュランプの光で活性化することにより局所的に分布させることができるようになってトランジスタ特性が向上する。

【0025】以上、本発明は、従来ラピッドサーマルアニール(RTA)で活性化のために少なくとも数秒、650℃を越える高温になっていた時間を、光のパルスという方法で、非常に短時間で与えるため、余分なエネルギーの注入が低減される。このため不純物の活性化は、起こっても、不純物が拡散する時間が少なく、従来よりも活性化後の不純物の分布が活性化前の分布に近いものになる。また、従来短い時間でアニールするということでパルスレーザーが用いられていたが、レーザーはコヒ

12

ーレンシーが良く、尖頭値が高いことから、単位時間、単位空間密度当たりのエネルギーが高くなり、半導体基板の蒸発や溶解を引き起こしていた。しかし、本発明の様にインコヒーレントな光におきかえることにより多光子過程や干渉などのエネルギーの過度な強め合いがなくなり、局所的に必要な以上にエネルギーが供給されることがなくなつて溶解など半導体基板の結晶構造を乱す効果を低減できる。

【0026】

【発明の効果】本発明は、以上の構成により、従来ラピッドサーマルアニール(RTA)で活性化のために少なくとも数秒、650℃を越える高温になっていた時間を光のパルスという方法で、非常に短時間で与えるため、余分なエネルギーの注入が低減される。このため、不純物の活性化は起こっても、不純物が拡散する時間が少なく、拡散が起きないので、従来よりも活性化後の不純物の分布が活性化前の分布に近いものになる。また、インコヒーレントな光を用いることにより多光子過程や干渉などのエネルギーの過度な強め合いがなくなり、局所的に必要な以上にエネルギーが供給されることがなく、溶解など半導体基板の結晶構造を乱す効果を低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施する熱処理装置の概略断面図。

【図2】基板に注入されたインジウム(In)を活性化する従来及び本発明の方法による活性化率を示す特性図。

【図3】本発明を説明するシリコン半導体層が形成されたSOIなどに用いられる半導体基板の断面図。

【図4】イオン注入装置とこの装置内にフラッシュランプの光を導入するシステムを説明する本発明の半導体製造装置の概略模式図。

【図5】本発明の方法を実施する熱処理装置とイオン注入装置とを密閉状態で接続する半導体製造装置の概略模式図。

【図6】本発明を実施する熱処理装置の概略断面図。

【図7】本発明を実施する部分的遮光板が近接して配置された半導体基板の平面図。

【図8】本発明を実施する熱処理装置の概略断面図。

【図9】図7に示す部分的遮光板により部分的に活性化された領域を有する半導体基板の斜視図。

【図10】本発明を実施する熱処理装置の概略断面図。

【図11】本発明の方法を実施する半導体装置の断面図。

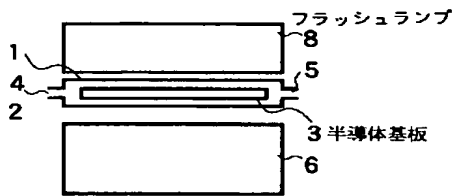
【符号の説明】

1、36・・・チャンパー上部、2、37・・・チャンパー下部、3、11、12、20、38、50・・・半導体基板、4、39・・・ガス導入口、5、40・・・ガス排出口、6、45・・・基板予備加熱用ランプハウス、8、43・・・フラッシュランプ、9

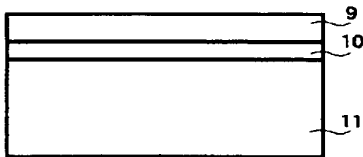
13

・・・シリコン層、10・・・シリコン酸化膜、1  
3・・・イオン注入チャンバー、14・・・可動光学的  
反射板、15・・・フラッシュランプ導入ロッド、  
16・・・石英ガラス窓、17・・・フラッシュランプ  
活性化装置チャンバー、18・・・イオン注入装置チャ  
ンバー、19・・・真空搬送チャンバー、21、2  
7、37・・・半導体基板保持チャンバー、22・・・  
部分的遮光板、24、32・・・遮光領域、25、  
33・・・透過領域（開口部）、28・・・光学的\*

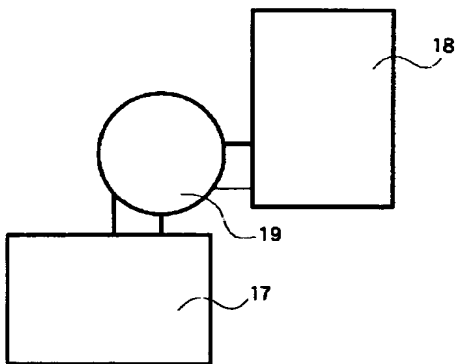
【図1】



【図3】



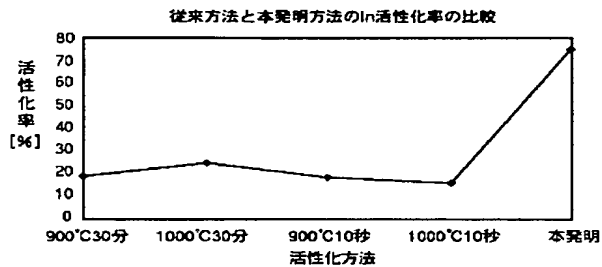
【図5】



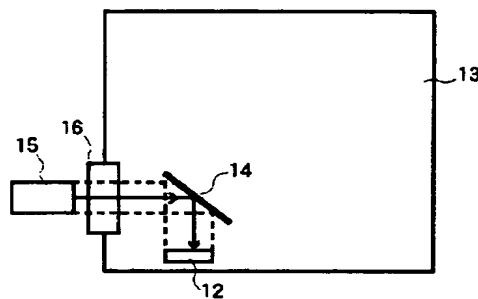
14

\*フィルター、30・・・非活性化領域、31・・・  
活性化領域、34、35・・・フラッシュランプ、  
42・・・石英ロッド、51・・・ソース/ドレイン領  
域、52・・・エクステンション領域、53・・・  
p不純物拡散領域、54・・・チャネル領域、55  
・・・ハロドーピング領域、56・・・ゲート絶縁  
膜、57・・・側壁絶縁膜、58・・・ゲート電  
極。

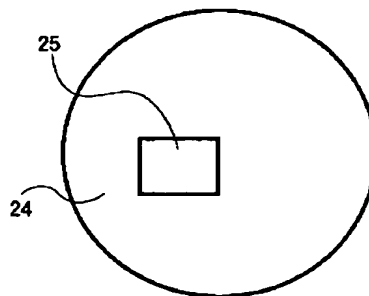
【図2】



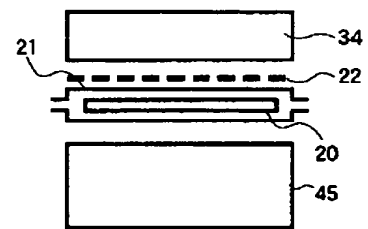
【図4】



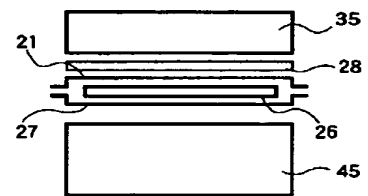
【図7】



【図6】

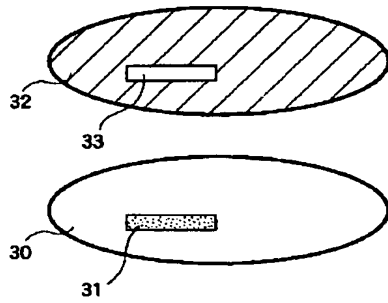


【図8】

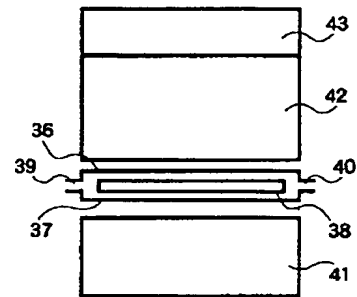




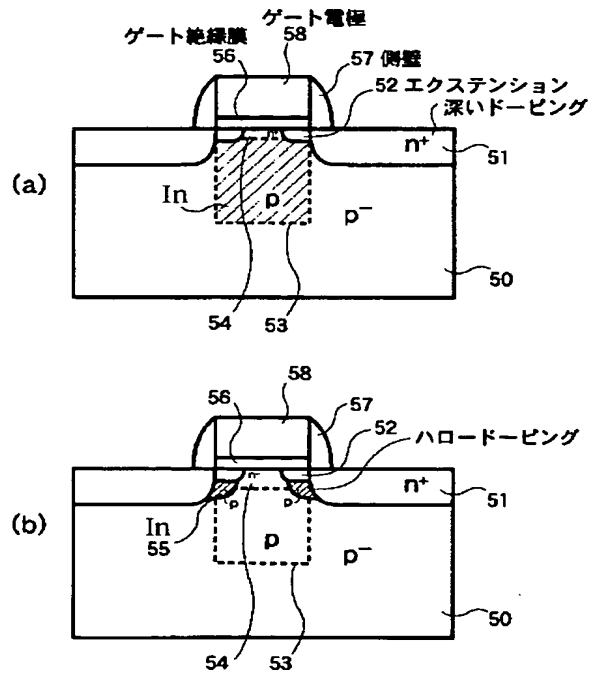
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72) 発明者 須黒 恭一  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株  
式会社東芝横浜事業所内

F ターム (参考) 5F040 DC01 EM02 EM03 FA07 FB04  
FC00 FC14